

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number: 2001-250250

(43)Date of publication of application: 14.09.2001

(51)Int.Cl.

G11B 7/08
G11B 7/125
G11B 7/13
G11B 7/135

(21)Application number: 2000-387981

(71)Applicant:

SHARP CORP

(22)Date of filing: 21.12.2000

(72)Inventor:

KAMIYAMA TETSUO

SAKAI KEIJI

MIKI RENZABUROU

HIRASHIMA HIROSHIGE

(30)Priority

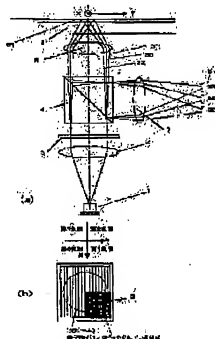
Priority number: 11372117 Priority date: 28.12.1999 Priority country: JP

(54) OPTICAL PICKUP AND TRACKING SERVO METHOD

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a method for cancelling at a low cost an offset generated due to an objective lens shift and a disk tilt without lowering utilization efficiency of light in a method for detecting a tracking error signal using a push-pull signal consisting of a main-beam and a sub-beam.

SOLUTION: A laser beam emitted from a semiconductor laser 1 is converted into parallel light by a collimator lens 2, and is divided into the main-beam 30, the sub-beam (+ 1st-order light) 31 and the sub-beam (- 1st-order light) 32 by a grating 3. Divided light is condensed on a track 81 of an optical disk 6 by an objective lens 5 after passing through a beam splitter 4, reflected light is reflected by the beam splitter 4 via the objective lens 5 and is guided to photodetectors 8 (8A, 8B, 8C) by a condenser lens 7.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 17.01.2003
 [Date of sending the examiner's decision of rejection]
 [Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]
 [Date of final disposal for application]
 [Patent number] 3527705
 [Date of registration] 27.02.2004
 [Number of appeal against examiner's decision of rejection]
 [Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]
 [Date of extinction of right]

Copyright (C), 1998,2003 Japan Patent Office

**Japanese Unexamined Patent Publication
No. 250250/2001 (Tokukai 2001-250250)**

A. Relevance of the Above-identified Document

The following is a partial English translation of exemplary portions of non-English language information that may be relevant to the issue of patentability of the claims of the present application.

B. Translation of the Relevant Passages of the Document

[CLAIMS]

[CLAIM 1] An optical pickup in which:

two or more light beams are collected on an optical disk by an objective lens;

reflection beams of the light beams are respectively divided in a substantial track direction, and are received by a two-division detector; and

a tracking error signal is created based upon a difference signal of the two-division detectors, that is, a push-pull signal of each beam,

wherein

a phase difference is given to a part of the light beams so that an amplitude of the push-pull signal in one of the light beams becomes substantially 0.

[CLAIM 2] An optical pickup as set forth in Claim 1, wherein the push-pull signal of the light beam to which the phase difference is given is used to correct an offset of the push-pull signal of another light beam.

Page 2

Tokukai 2001-250250

[CLAIM 3] An optical pickup as set forth in Claim 1 or in Claim 2,

wherein

suppose that, in the light beam giving the phase difference, an area in relation to the push-pull signal of the light beam is referred to as an area A whereas an area where the phase difference is given is referred to as an area B,

a sum of the phase difference of the area B and the phase difference of an area C that is symmetrically located with respect to the area B and a center of the beams is an integer multiple of 180° , and

a sum of the area B and the area C is substantially a half of the entire area A.

[EMBODIMENTS]

[0057] (First Embodiment) The following describes in detail a first embodiment of the present invention, with reference to Figures 1 to 8.

[0058] For example, as illustrated in Figure 1, laser light emitted from the semiconductor laser 1 is converted into parallel light by the collimator lens 2. The parallel light is divided into a main-beam 30, a sub-beam (+1st-order light) 31, and a sub-beam (-1st-order light) 32 by the grating 3.

[0059] The beams are passed through the beam splitter 4

Page 3

Tokukai 2001-250250

and are collected on a track 61 of an optical disk 6 by an objective lens 5. Then, the reflected beams are passed through the objective lens 5 and are further reflected by the beam splitter 4. Subsequently, the reflected beams are guided to the photodetectors 8 (8A, 8B, 8C) by the condenser lens 7.

[0060] Far field patterns of the reflection beams of the main-beam 30 and the sub-beams 31, 32 are respectively received by the two-division photodetectors 8A, 8B, 8C, each having a division line corresponding to the track direction. Consequently, the two-division photodetectors 8A, 8B, 8C produce difference signals, i.e., push-pull signals PP30, PP31, PP32.

[0061] A feature of the first embodiment is a configuration of a groove of the grating 3. Here, the direction corresponding to the radial direction of the optical disk 6 (referred to as "radial direction" hereinafter) is expressed as direction-x, and a tangential direction that is orthogonal to the direction-x, that is, a length direction of the track (referred to as "track direction" hereinafter) is expressed as direction-y. In the groove of the grating 3, for example the phase difference of the periodical structure in the first quadrant is 180° different from that of the other quadrants of the x-y field, as shown in Figure 1(b).

[0062] This causes a phase difference of 180° only in the

Page 4

Tokukai 2001-250250

first quadrant with respect to the sub-beams 31, 32 that are diffracted by the groove.

[0063] When the resulting beams are collected on the optical disk 6 by the objective lens 5, they form the spots illustrated in Figure 2(a). Figure 2(a) is a plan view of three beams on the optical disk, and Figure 2(b) is a cross sectional view of the sub-beam 31 along the x'-y' axis that crosses the x-y axis at an angle of 45°.

[0064] At this time, as illustrated in Figure 3, amplitudes of the push-pull signals PP31, PP32 resulting from the sub-beams 31, 32 become substantially 0, in comparison to the push-pull signal PP30 of the main-beam to which no phase difference is exerted.

[0065] In this case, no push-pull signal is detected regardless of the position of the track. Therefore, as illustrated in Figure 2(a), the signal would be substantially the same regardless of whether the sub-beams 31, 32 are disposed on a same track as the main-beam 30 or on a different track from the main-beam 30.

[0066] On the other hand, when an offset appears in a TES due to a shift of the objective lens or inclination of the disk, as respectively illustrated in Figure 28(a) and 28(b), offsets of Δp and $\Delta p'$ appear in PP30 and PP31 (PP32) toward the same side (same phase), respectively, according to the amount of beams, as illustrated in Figure

Page 5

Tokukai 2001-250250

4.

[0067] Therefore, with the calculation according to the formula: $PP3 = PP30 - k(PP31 + PP32)$, the push-pull signal PP3 in which the offset has been cancelled can be detected.

[0068] In the above formula, the coefficient k is for correcting the difference in the light intensity among 0-order light 30, +1st-order light 31, and -1st-order light 32. If a ratio of the light intensity is expressed as: 0-order light 30: +1st-order light 31: -1st-order light 32 = $a: b: b$, the coefficient k is $k = a/(2b)$.

[0069] In the embodiment, the amplitudes of the push-pull signal of the sub-beams are substantially 0. Therefore, the push-pull signal PP3 in which the offset has been cancelled can be detected by calculating the formula $PP3 = PP30 - 2k(pp31)$ or $PP3 = PP30 - 2k(pp32)$ using one of, instead of both of, the two signals PP31 or PP32.

[0070] Further, the push-pull signal PP31 or PP32 of the sub-beams may be used as a position detecting signal in a radial direction of the objective lens.

[0071] The following describes a principle by which no push-pull signal of the sub-beam is created (amplitude 0).

[0072] As illustrated in Figure 5, the light beam (sub-beam 31) is collected by the objective lens on the track 61 having a periodical structure. Then, the light beam is divided into a 0-order diffraction ray 310 and

Page 6

Tokukai 2001-250250

\pm 1st-order diffraction rays 311 and 312 before subjected to reflection. In areas n1 and n2 where the 0-order diffraction ray 310 and the \pm 1st-order diffraction rays 311 and 312 overlap, the 0-order diffraction ray 310 and the \pm 1st-order diffraction rays 311 and 312 interfere with each other. Consequently, a diffraction pattern (push-pull pattern) is formed on a pupil of the objective lens.

[0073] Figure 6 illustrates beams being incident on the objective lens. When the grating 3 of Figure 1(b) is used, the 180° phase difference (forward phase) appears in the incident light only in the first quadrant area.

[0074] Figure 7 is a diagram illustrating a projected beam pattern of the reflected light (diffraction ray) formed on the objective lens is projected on the two-division detector 8B. The 0-order light 310 is 180° ahead in the third quadrant (mesh area), and the diffraction ray 311 is 180° ahead in the fourth quadrant (oblique line area).

[0075] Suppose that a division line n in a radial direction is added to the two-division detector 8B divided by a division line m along the track direction, and the detection areas of the first to fourth quadrants are named as 8B-a, 8B-b, 8B-c, and 8B-d, respectively, and outputs of the detection areas are named as Ia, Ib, Ic, and Id, respectively.

[0076] Generally, the reflected light (diffraction pattern) from the groove disk can be expressed as follows.

Page 7

Tokukai 2001-250250

[0077]

(Complex Amplitude of 0-order Light)

$$A_0 = E_0 \cdot \exp(2\pi i) \quad \dots(2)$$

(Complex Amplitude of +1st-order light)

$$A_1 = E_1 \cdot \exp\{(\psi_1 + 2\pi v_t/v_p)i\} \quad \dots(3)$$

(Complex Amplitude of -1st-order light)

$$A_{-1} = E_1 \cdot \exp\{(\psi_1 - 2\pi v_t/v_p)i\} \quad \dots(4)$$

In the above formula, E_0 , E_1 , E_{-1} are respective amplitudes of the 0-order light, the +1st-order light, and the -1st-order light. Further, ψ_1 is a phase difference (in relation to groove depth) among the 0-order light and the \pm 1st-order light. Further, v_t is an amount of displacement from a center of the track groove. Finally, v_p and v_p are pitches of the track groove.

[0078] Normally, the push-pull signal is calculated based upon the difference between (I_a+I_b) and (I_c+I_d) that are respective outputs of the detectors $\{(8B-a)+(8B-b)\}$ and $\{(8B-c)+(8B-d)\}$ in Figure 7.

[0079] The signals are calculated as follows.

$$\begin{aligned} I_R &= (I_a+I_b) \\ &= S_0 |E_0 \cdot \exp(2\pi i)|^2 + S_1 |E_0 \cdot \exp(2\pi i) + E_1 \cdot \exp\{(\psi_1 + 2\pi v_t/v_p)i\}|^2 \\ &= E_0^2(S_0 + S_1) + E_1^2 S_1 + 2E_0 E_1 S_1 \cos(\psi_1 + 2\pi v_t/v_p) \quad \dots(5) \end{aligned}$$

Page 8

Tokukai 2001-250250

$$\begin{aligned}
 I_L &= (I_c + I_d) \\
 &= S_0 |E_0 \cdot \exp(2\pi i)|^2 + S_1 |E_0 \cdot \exp(2\pi i) + E_1 \cdot \exp\{(\psi_1 - 2\pi v_t/v_p)i\}|^2 \\
 &= E_0^2(S_0 + S_1) + E_1^2 S_1 + 2E_0 E_1 S_1 \cos(\psi_1 - 2\pi v_t/v_p) \quad \dots(6)
 \end{aligned}$$

[0080] Here, S_0 is an area of the region in the first and fourth quadrants where no ± 1 st-order light exists and only the 0-order light exists (the same applies to the third and second quadrants). Further, S_1 is an area of the region in the first and fourth quadrants where the 0-order light and ± 1 st-order light overlap one another (the same applies to the third and second quadrants).

[0081] Therefore, the push-pull signal PP31 is calculated as follows.

$$PP31 = I_R - I_L = 4S_1 E_0 E_1 \sin \psi_1 \sin(2\pi v_t/v_p) \quad \dots(7)$$

[0082] The following describes a push-pull signal in a case where the phase difference is added to a part of the incident beam, that is the manner applied in the present embodiment.

[0083] Assume that phase differences added to the 0-order light of the reflected beam (diffraction pattern) are θ_1 (fourth quadrant in Figure 7) and θ_2 (third quadrant in Figure 7), a phase difference added to a part of the ± 1 st-order light of the reflected beam (diffraction pattern),

Page 9

Tokukai 2001-250250

which part interferes with the 0-order light, is δ_1 (fourth quadrant in Figure 7), and a phase difference added to a part of the -1st-order light of the reflected beam (diffraction pattern), which part interferes with the 0-order light, is δ_{-1} (third quadrant in Figure 7), complex amplitudes of the light in the quadrants are respectively calculated as follows, in accordance with the above formula (2) to (4).

[0084]

(Complex Amplitude of 0-order Light: first and fourth quadrants)

$$A_0 = E_0 \cdot \exp\{(2\pi + \theta_1)i\} \quad \dots(8)$$

(Complex Amplitude of 0-order Light: third and second quadrants)

$$A_0 = E_0 \cdot \exp\{(2\pi + \theta_{-1})i\} \quad \dots(9)$$

(Complex Amplitude of +1st-order light: first and fourth quadrants)

$$A_1 = E_1 \cdot \exp\{(\psi_1 + 2\pi v_t/v_p + \delta_1)i\} \quad \dots(10)$$

(Complex Amplitude of the -1st-order light)

$$A_{-1} = E_{-1} \cdot \exp\{(\psi_1 - 2\pi v_t/v_p + \delta_{-1})i\} \quad \dots(11)$$

As illustrated in Figure 7, the push-pull signal PPbc is found only for a case where a phase difference is added

Page 10

Tokukai 2001-250250

only to the fourth and third quadrants.

[0085] The respective outputs Ib and Ic of the detectors 8B-b and 8B-c are calculated as follows, in accordance with the above formulae (8) to (11).

$$\begin{aligned}
 I_b &= \\
 &1/2[S_0 | E_0 \cdot \exp\{(2\pi + \theta_1)i\}|^2 + S_1 | E_0 \cdot \exp\{(2\pi + \theta_1)i\} + E_1 \cdot \exp\{(\psi_1 + 2\pi v_t/v_p + \delta_1)i\}|^2] \\
 &= 1/2[E_0^2(S_0 + S_1) + E_1^2 S_1 + 2E_0 E_1 S_1 \cdot \cos(\psi_1 + 2\pi v_t/v_p + \delta_1 - \theta_1)] \\
 &\quad \dots(12)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 I_c &= \\
 &1/2[S_0 | E_0 \cdot \exp\{(2\pi + \theta_{-1})i\}|^2 + S_1 | E_0 \cdot \exp\{(2\pi + \theta_{-1})i\} + E_1 \cdot \exp\{(\psi_1 - 2\pi v_t/v_p + \delta_{-1})i\}|^2] \\
 &= 1/2[E_0^2(S_0 + S_1) + E_1^2 S_1 + 2E_0 E_1 S_1 \cdot \cos(\psi_1 - 2\pi v_t/v_p + \delta_{-1} - \theta_{-1})] \\
 &\quad \dots(13)
 \end{aligned}$$

[0086] According to the conditions: $\theta_1=0$, $\theta_{-1}=\pi(180^\circ)$, $\delta_1=\pi(180^\circ)$, and $\delta_{-1}=0$ in Figure 7, Ib, Ic, and push-pull signal PPbc are calculated as follows.

$$\begin{aligned}
 I_b &= 1/2[E_0^2(S_0 + S_1) + E_1^2 S_1 + 2E_0 E_1 S_1 \cdot \cos(\psi_1 + 2\pi v_t/v_p + \pi)] \\
 &\quad \dots(14)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 I_c &= 1/2[E_0^2(S_0 + S_1) + E_1^2 S_1 + 2E_0 E_1 S_1 \cdot \cos(\psi_1 - 2\pi v_t/v_p - \pi)] \dots(15)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 PPbc &= I_b - I_c = 2S_1 E_0 E_1 \cdot \sin \psi_1 \cdot \sin\{2\pi(v_t/v_p + 1/2)\} = -2S_1 E_0 E_1 \cdot \sin \\
 &\quad \psi_1 \cdot \sin(2\pi v_t/v_p) \dots(16)
 \end{aligned}$$

Page 11

Tokukai 2001-250250

[0087] PPab immune to the phase difference can be calculated as follows by dividing the formula (7) by 2 (this is because the area becomes 1/2).

$$PPad = 2S_1E_0E_1 \sin\psi_1 \sin(2\pi v_t/v_p) \quad \dots(17)$$

Therefore, as illustrated in Figure 8, the signals PPad and PPbc are given at a 1/2 pitch, that is, their phases are 180° different from each other (opposite phase) regardless the depth of the groove (relates to ψ_1).

[0088] Accordingly, the ultimate push-pull signal outputted from the detector 8B becomes $PP31=PPbc+PPad=0$, always with the amplitude 0.

[0089] The foregoing embodiment has only described the case where the backward phase was included only in the first quadrant. However, the same effect can be obtained also in a case where the phase delay exists in one of the second to fourth quadrants. Further, the phase difference to be given is identical for the advanced phase and the delayed phase.

[0090] Further, Figure 1 illustrates a case where the phase difference exists entirely in one of the quadrants. However, because the areas n_1 and n_2 correspond to the areas shown in Figure 5, i.e., the areas in relation to the push-pull signal where the diffraction rays from the optical disk grooves interfere with each other, it is not

Page 12**Tokukai 2001-250250**

necessary to add the phase difference in the entire quadrant. It is sufficient to add the phase difference only to the area n1 of the first quadrant, for example.

[0091] In the foregoing embodiment, the push-pull signal of the sub-beam would have the amplitude 0 regardless the depth of the groove. In other words, the amplitude is 0 regardless of where the beam exists on the track, and therefore it is not necessary to adjust the positions of three beams (adjustment of rotation of diffraction gratings or other components), in contrast to the conventional examples 1 and 2 described above in which the positions of beams need to be adjusted. This allows an assembly of a pickup to be significantly simplified.

[0092] Further, because the diffraction grating can be provided to the entire light beam, light intensity distribution of the main-beam would not change or utilization of the light would not be inefficient, in contrast to the conventional example 3 described above. Moreover, the pickup securely operates with a disk having a different track pitch.

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号
特開2001-250250
(P2001-250250A)

(43) 公開日 平成13年9月14日 (2001.9.14)

(51) Int.Cl.	識別番号	F I	“チー” (参考)
G 1 1 B	7/09	C 1 1 B	7/09 C 5 D 1 1 8
	7/125		7/125 B 5 D 1 1 9
			A
	7/13	7/13	A
	7/135	7/135	A

審査請求 未請求 請求項の数15 O L (全 22 頁)

(21) 出願番号 特願2000-387981(P2000-387981)

(22) 出願日 平成12年12月21日 (2000. 12. 21)

(31) 優先権主張番号 特願平11-372117

(32) 優先日 平成11年12月28日 (1999. 12. 28)

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(71) 出願人 00000:049

シャープ株式会社

大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号

(72) 発明者 上山 敦男

大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号 シ

ャープ株式会社内

(72) 発明者 西井 啓聖

大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号 シ

ャープ株式会社内

(74) 代理人 100102277

弁護士 佐々木 明康 (外2名)

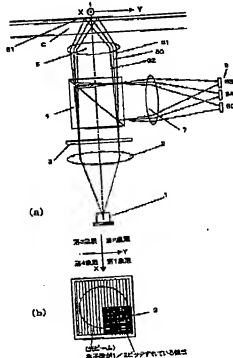
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 光ピックアップ及びトラッキングサーボ方法

(57) 【要約】

【課題】 メインビームとサブビームのアッシュブル信号を用いたトラッキング誤差信号検出法において、光の利用効率を低下させずに、対物レンズシフトやディスクチルトにより発生するオフセットを、低コストでキャンセルする方法を提供する。

【解決手段】 半導体レーザー1から出たレーザー光をコリメータレンズ2により平行光に変換し、グレーティング3により、メインビーム30、サブビーム(+1次光)31、サブビーム(-1次光)32に分割する。ビームスプリッタ4を通過した後、対物レンズ5により光ディスク6のトラック61上に集光させ、反射光を対物レンズ5を介してビームスプリッタ4で反射させ、集光レンズ7で、光検出器8(8A, 8B, 8C)に導く。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 少なくとも2つ以上の光ビームを、対物レンズにより光ディスクに集光し、その反射光をそれぞれ実質的にトラック方向の分割線で分割して2分割検出器で受光し、各2分割検出器の差信号すなわち各ビームのプッシュプル信号からトラッキング誤差信号を生成する光ビッカップであって、

一方の光ビームにおいてプッシュプル信号の振幅がほぼ0になるように、光ビームの一部分に位相差を与えることを特徴とする光ビッカップ。

【請求項2】 上記位相差を与える光ビームのプッシュプル信号を用いて、もう一方の光ビームのプッシュプル信号のオフセットを補正することを特徴とする前記請求項1に記載の光ビッカップ。

【請求項3】 上記位相差を与える光ビームにおいて、光ビーム中のプッシュプル信号に関する領域をAとし、位相差を与える領域をBとした場合、領域Bの位相差と、領域Bとビームの中心を原点として対称な位置にある領域Cの位相差との和が180°の整数倍であり、さらに領域Bと領域Cとの面積の和が領域A全体の面積の略半分であることを特徴とする前記請求項1又は2に記載の光ビッカップ。

【請求項4】 上記位相差を与える光ビームにおいて、光ビームの中心を原点として、光ディスクのラジアル方向をx方向、トラック方向をy方向とすると、4象限のうち1つの象限にのみ、略180°の位相差を与えることを特徴とする前記請求項1又は2に記載の光ビッカップ。

【請求項5】 上記位相差を与える光ビームにおいて、光ビームの中心を原点として、光ディスクのラジアル方向をx方向、トラック方向をy方向とすると、4象限のうち第1象限と第3象限、または第2象限と第4象限にのみ、略90°の位相差を与えることを特徴とする前記請求項1又は2に記載の光ビッカップ。

【請求項6】 上記位相差を与える光ビームにおいて、中心を通り光ディスクのラジアル方向の分割線で分割された半円領域のうちプッシュプル信号に関する領域をDとし、位相差を与える領域をEとした場合、領域Eの位相差と、領域Eとトラック方向の中心線に対して対称な位置にある領域Fの位相差との和が180°の整数倍であり、かつ領域Eと領域Fとの面積の和が領域D全体の略半分であり、この半円領域のみを用いてプッシュプル信号を検出することを特徴とする前記請求項1又は2に記載の光ビッカップ。

【請求項7】 上記プッシュプル信号を検出する半円領域のうち、円周方向に略20°の扇形領域に、180°の位相差を与えることを特徴とする前記請求項6に記載の光ビッカップ。

【請求項8】 上記プッシュプル信号を検出する半円領域のうち、片側の1/4円の中で、トラック方向の幅が

ほぼ一定であるような略長方形領域に、180°の位相差を与えることを特徴とする前記請求項6に記載の光ビッカップ。

【請求項9】 凹折格子により光ビームを0次光と、+1次光または-1次光との少なくとも2つ以上の光ビームとに分れるとともに、位相差を与える部分の凹折格子の周期構造を他の部分に比べてずらして形成し、0次以外の凹折光にのみ、位相差を付加することを特徴とする前記請求項1乃至8のいずれかに記載の光ビッカップ。

【請求項10】 上記凹折格子の中で光ディスクのラジアル方向の幅がほぼ一定であるような略長方形領域に、180°の位相差を与えることを特徴とする前記請求項9に記載の光ビッカップ。

【請求項11】 上記凹折格子の中で実質的に+1次光のみに影響を与える領域と、-1次光にのみ影響を与える領域とに、180°の位相差を与えることを特徴とする前記請求項9に記載の光ビッカップ。

【請求項12】 集光化ホログラムレーザユニットを搭載していることを特徴とする前記請求項1乃至11のいずれかに記載の光ビッカップ。

【請求項13】 少なくとも2つ以上の光ビームを対物レンズにより、情報記録媒体に集光し、その反射光のうち少なくとも一方の光ビームについて実質的にトラック方向の分割線で分割して2分割検出器で受光し、各2分割検出器の差信号すなわちプッシュプル信号を検出する光ビッカップであって、

前記一方の光ビームにおいてプッシュプル信号の振幅がほぼ0になるように、光ビームの一部分に位相差を与えるとともに、前記差信号を対物レンズの位置検出信号に用いることを特徴とする光ビッカップ。

【請求項14】 異なる規格の光ディスク即ち異なるプッシュプルパターンが発生する光ディスクに対して、サブビームのプッシュプル信号の振幅がほぼ0になるように、サブビームの一部分に位相差を与えることを特徴とする前記請求項13に記載の光ビッカップ。

【請求項15】 記録または再生を行うメインビームと、少なくとも1つ以上のサブビームとを、対物レンズと、少なくとも情報記録媒体に集光し、その反射光をそれぞれ実質的にトラック方向の分割線で分割して2分割検出器で受光し、各2分割検出器の差信号すなわち各ビームのプッシュプル信号を用いてトラッキングを行うトラッキングサーボ方法であって、サブビームのプッシュプル信号の振幅がほぼ0になるように、サブビームの一部分に位相差を与えるとともに、この差信号を用いて、メインビームのトラッキング誤差信号のオフセットを補正することを特徴とするトラッキングサーボ方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、光ディスクや光カード等の情報記録媒体に対して光学的に情報を記録再生する光ピックアップに関するものである。また、トラック誤差信号に発生するオフセットを、容易かつ低コストで補正するトラックングサーボ方法に関するものである。

【0002】

【従来の技術】近年、光ディスクは多量の情報信号を高密度で記録することができ、オーディオ、ビデオ、コンピュータ等の多くの分野において利用が進められている。特に最近では、動画情報などのように、コンピュータ等で取り扱うデータ量が飛躍的に増大しており、それに伴って、記録ビットやトラックピッチの縮小化による光ディスクの大容量化が進んでいる。

【0003】上記情報記録媒体においては、ミクロン単位で記録された情報信号を再生するために、情報トラックに対して光ビームを正確にトラックングさせる必要がある。トラックング誤差信号（TES）の検出方法としては、種々の方法が知られているが、最も単純な方法として、プッシュプル法が知られている。

【0004】以下に、プッシュプル法の検出原理と問題点について説明する。対物レンズによる集光ビームが、光ディスク上のトラック（またはピット）形成部分で反射されると、反射光に回折パターンが現れる。

【0005】この反射光のレンズ面でのファースフィールドパターンの強度分布の左右対称性を検出することにより、トラックング誤差信号を算出する方法をプッシュプル法という。

【0006】例えば図26に示す如く、半導体レーザー1から出たレーザー光をコリメータレンズ2により平行光に変換し、ビームスプリッタ4を通過した後、対物レンズ5により記録媒体6のトラック61上に集光させて、反射光を対物レンズ5を介してビームスプリッタ4で反射させ、集光レンズ7でトラック方向に分割線を有する2分割検出器11に導き、各分岐の信号を差動検出して、プッシュプル信号を得る。

【0007】ここで、図27に示すように、光ビームがトラックの中央にある場合は、そのファースフィールドパターンが左右対称となるため、2分割光検出器の差動信号は0となる（オントラック状態）。

【0008】また、トラックの中心からずれると、その

$$PP = PP30 - k(PP31 + PP32)$$

の演算を行うことにより、上記オフセットをキャンセルしたプッシュプル信号を検出することができる。

【0017】ここで、係数 k は0次光30と+1次光31および-1次光32の光強度の違いを補正するためのもので、強度比が0次光： $+1$ 次光： -1 次光 $=a:b$ ならば、係数 $k=a/(2b)$ である。

【0018】しかしながら、このDPP法は、サブビームをメインビームに対してちょうど $1/2$ トラックピ

量に従ってファースフィールドパターンの強度分布の左右対称性が崩れるので、図27に示すようなプッシュプル信号（トラックング誤差信号）が得られる。

【0009】ところが、図28（a）に示す如く、対物レンズが移動した状態でトラックングサーボを行うと、2分割光検出器11士でのビームのファースフィールドパターンも移動するので、TESはオントラック状態にもかかわらず、TESオフセットが発生する。

【0010】また、図28（b）に示す如く、記録媒体6が傾いた場合も同様に、2分割光検出器11上でビームが移動するので、TESオフセットが発生する。

【0011】（従来例1）このオフセットをキャンセルする方法として、複数ビームを用いた方法（差動プッシュプル（DPP: Differential Push Pull）法）が、特公平4-34212号公報に記載されている。

【0012】これについて、図29を用いて説明する。光源1からの射出光をグレーティング3により3ビームに分割し、図30（a）に示すように、光ディスク6上のトラックの径線方向にメインビーム30、サブビームの+1次光31、サブビームの-1次光32を配列させる。

【0013】この時、それぞれのサブビーム31、32はメインビーム30が集光するトラックに対して、 $1/2$ トラックピッチだけ半径方向にずらして形成する。

【0014】そして、図30（b）に示すように、メインビーム30、サブビーム31、32の反射光のファースフィールドパターンをそれぞれトラック方向の分割線を有する2分割光検出器8A、8B、8Cで受光する。

【0015】また、各2分割光検出器8A、8B、8Cからの差信号すなわちプッシュプル信号PP30、PP31、PP32を得る。図31に示すように、サブビーム（+1次光）31とサブビーム（-1次光）32のプッシュプル信号PP31、PP32は、メインビーム30に対して $1/2$ トラックピッチだけ半径方向にずれているため、メインビーム30のプッシュプル信号PP30に対して、位相が 180° ずれた（逆位相）信号となる。

【0016】一方、図28で示した対物レンズシフトやディスクの傾きによるTESのオフセットに対しては同相になる。従って、

(1)

ただけディスクの半径方向にずらせて配置させる必要があるため、トラックピッチの異なる複数の種類の光ディスクを、1つの光ピックアップで再生する場合には問題となる。

【0019】また、粗て調整時にグレーティングなどを精度良く回転調整させなければならない。さらに、対物レンズの移動位置が常に光ディスクの中心線上（半径方向）になければならないという構成上の制約があり、

スイングアーム方式の光ピックアップには使用することができないという欠点があった。

【0020】(従来例2)これを解決する手段として、特開平9-81942号公報には、オフセットの発生が小さく、検出感度のトラック間隔に対する依存性が小さく、トラック誤差検出方法が提案されている。

【0021】図32を用いてこの方法を説明する。レーザダイオード1から出射された光をグレーティング3で3ビームに分割して対物レンズ5で集光させる点は、上記従来例1のものと同じであるが、グレーティング3の溝部の構造が上記のものとは異なる。

【0022】グレーティング3の溝部は、図33に示すように、トラック方向(Y方向)の分割線により分割されたラジアル方向の2つの領域3a、3bにおいて、周期構造の位相差が180°異なっている。

【0023】これにより、溝部によって回折されたサブビーム31および32において、トラック方向の分割線で分割された2つの半円領域で180°の位相差が発生する。このビームも対物レンズ5により光ディスク6上に集光したスポットは、図34に示すように、2つの楕円状サブスポットから構成される形状となる。

【0024】このサブビーム31、32のアッシュアル信号PP310は、図35に示すように、位相差を加えない場合のビーム(メインビームに相当)のアッシュアル信号P30に比べて、位相差が180°異なる。

【0025】そこで、図34に示すように、サブビーム31、32をメインビーム30と同じトラック上に配置しても、各ビームのアッシュアル信号は、図31とともに上述した従来例1のものと同様、メインビームのアッシュアル信号PP30に対して、サブビームのアッシュアル信号PP31、PP32の位相差が180°ずれた信号となる。

【0026】よって、上記従来例1のように、サブビームをメインビームに対して1/2ピッチずらせて配置しなくても、DPP信号を検出することができる。これにより、トラックピッチの異なる複数の種類の光ディスクを、1つの光ピックアップで再生することが可能になる。

【0027】しかしながら、この従来例2においても、同一トラックにサブビームが配置するように微調整する必要があり、調整の簡便化には適さないという問題点がある。

【0028】(従来例3)さらに別の従来例として、特開平10-162383号公報には、アッシュアルオフセットを低コストでキャンセルすることができる光ディスクの記録再生方法が提案されている。

【0029】図36を用いてこの方法を説明する。レーザダイオード1から出射された光をグレーティング3で3ビームに分割して対物レンズ5で集光させる点は、上記従来例1、2のものと同じであるが、グレーティング3

の溝部を有効光束の中央部にのみ形成する点で上記のものとは異なる。

【0030】グレーティング3の溝部は、図37に示すように、基板の中央部にのみ形成されているため、溝部による+1次および-1次回折光のビーム径は有効光束径(対物レンズの開口径)に比べて小さくなる。

【0031】すなわち、回折された光に対する対物レンズの開口数が実質小さくなったことになる。グレーティング3の0次光(メインビーム)は、対物レンズの開口数よりも大きく設定されているので、ディスク6上には対物レンズの開口数で決まる回折限界のビームスポットが形成される。

【0032】メインビーム30としてトラックピッチに對し適正な大きさのビームスポットが形成されるような光学系を用いている場合、図38に示すように、サブビーム31、32はトラックピッチに対して大きなビームスポットが形成される。

【0033】半ば方向の開口率によって定まる光学カットオフ周波数がトラックピッチの空間周波数よりも大きくなるように、グレーティング3の溝部の半径を決めることにより、サブビームの+1次および-1次光からはトラック誤差信号(アッシュアル信号)を得ることができなくなる。

【0034】しかし、対物レンズシフトなどによるオフセット信号は得られるため、上述の(1)式の演算により、同様におフセットキャンセルは可能になる。

【0035】これによれば、トラック横断による変調信号が出ないため、サブビームをメインビームに対してちょうど1/2トラックピッチだけディスクの半径方向にずらせて配置させる必要がなく、また対物レンズの移動位置が常に光ディスクの中心線上(半径方向)に設定する必要がなくなる。

【0036】【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上述したグレーティングを用いた場合、0次光を含むメインビームの光強度は、グレーティングの溝部では平坦部に対して回折効率の分だけ減ってしまうため、グレーティング外周部の平坦部の光強度が相対的に強くなる。

【0037】また、0次光の位相に関しても、溝部では平坦部に対して光学的位相差が発生する。これによって、メインビームのディスク上での集光ビーム形状が変化し、記録再生特性が劣化する。

【0038】これを補正する方法として、平坦部にも中央部とは回折方向の異なる回折格子を設け、0次光の強度分布や位相差を均一にする方法も提案されているが、その部分の回折光は利用しない(0次光のみ用いる)ため、光が無駄になる。

【0039】本発明は、上記課題に鑑みてなされたものであり、光の利用効率を低下させずに、アッシュアル信号を利用したTBSのオフセットを低コストでキャンセル

する方法を提供するものである。しかも、組立て調整を大幅に簡略化することができ、異なるトラックピッチのディスクに対してとも適応することが可能な光ピックアップを提供するものである。

【0040】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために、本発明では以下の構成を有する。

【0041】本願の第1の発明は、少なくとも2つ以上の光ビームを、対物レンズにより光ディスクに集光し、その反射光をそれぞれ実質的にトラック方向の分割線で分割して2分割検出器で受光し、各2分割検出器の差信号すなわち各ビームのプッシュプル信号からトラッキング誤差信号を生成する光ピックアップであって、一方の光ビームにおいてプッシュプル信号の振幅がほぼ0になるように、光ビームの一部分に位相差を与えることを特徴とする。

【0042】本願の第2の発明は、上記位相差を与える光ビームのプッシュプル信号を用いて、もう一方の光ビームのプッシュプル信号のオフセットを補正することを特徴とする。

【0043】本願の第3の発明は、上記位相差を与える光ビームにおいて、光ビーム中のプッシュプル信号に関与する領域をAとし、位相差を与える領域をBとした場合、領域Bの位相差と、領域Bとビームの中心を原点として対称な位置にある領域Cの位相差との和が180°の整数倍であり、さらに領域Bと領域Cとの面積の和が領域A全体の面積の略半分であることを特徴とする。

【0044】本願の第4の発明は、上記位相差を与える光ビームにおいて、光ビームの中心を原点として、光ディスクのラジアル方向をx方向、トラック方向をy方向とすると、4象限のうちの1つの象限にのみ、略180°の位相差を与えることを特徴とする。

【0045】本願の第5の発明は、上記位相差を与える光ビームにおいて、光ビームの中心を原点として、光ディスクのラジアル方向をx方向、トラック方向をy方向とすると、4象限のうち第1象限と第3象限、または第2象限と第4象限にのみ、略90°の位相差を与えることを特徴とする。

【0046】本願の第6の発明は、上記位相差を与える光ビームにおいて、中心を通り光ディスクのラジアル方向の分割線で分割された半円領域のうちプッシュプル信号に関与する領域をDとし、位相差を与える領域をEとした場合、領域Eの位相差と、領域Eとトラック方向の中心線に対して対称な位置にある領域Fの位相差との和が180°の整数倍であり、かつ領域Eと領域Fとの面積の和が領域D全体の略半分であり、この半円領域のみを用いてプッシュプル信号を抽出することを特徴とする。

【0047】本願の第7の発明は、上記プッシュプル信号を抽出する半円領域のうち、円周方向に略20°の扇

形領域に、180°の位相差を与えることを特徴とする。

【0048】本願の第8の発明は、上記プッシュプル信号を抽出する半円領域のうち、片側の1/4長方形領域、トラック方向の幅がほぼ一定であるような略長方形領域に、180°の位相差を与えることを特徴とする。

【0049】本願の第9の発明は、回折格子により光ビームを0次光と、+1次光または-1次光との少なくとも2つ以上の光ビームに分離するとともに、位相差を与える部分の回折格子の周期構造を他の部分に比べてずらして形成し、0次以外の回折光にのみ、位相差を付加することを特徴とする。

【0050】本願の第10の発明は、上記回折格子の中心で光ディスクのラジアル方向の幅がほぼ一定であるような略長方形領域に、180°の位相差を与えることを特徴とする。

【0051】本願の第11の発明は、上記回折格子の中心で実質的に+1次光のみに影響を与える領域と、-1次光のみに影響を与える領域とに、180°の位相差を与えることを特徴とする。

【0052】本願の第12の発明は、集光化プログラムレーザユニットを搭載していることを特徴とする。

【0053】本願の第13の発明は、少なくとも2つ以上の光ビームを対物レンズにより、情報記録媒体に集光し、その反射光のうち少なくとも一方の光ビームについて、その反射光のトラック方向の分割線で分割して2分割検出器で受光し、各2分割検出器の差信号すなわちプッシュプル信号を抽出する光ピックアップであって、前記一方の光ビームにおいてプッシュプル信号の振幅がほぼ0になるように、光ビームの一部分に位相差を与えるとともに、前記差信号を対物レンズの位置検出信号に用いることを特徴とする。

【0054】本願の第14の発明は、異なる規格の光ディスク即ち異なるプッシュプルパターンが発生する光ディスクに対して、サブビームのプッシュプル信号の振幅がほぼ0になるように、サブビームの一部分に位相差を与えることを特徴とする。

【0055】本願の第15の発明は、記録または再生を行うメインビームと、少なくとも1つ以上のサブビームとを、対物レンズにより情報記録媒体に集光し、その反射光をそれぞれ実質的にトラック方向の分割線で分割して2分割検出器で受光し、各2分割検出器の差信号すなわち各ビームのプッシュプル信号を用いてトラッキングを行うトラッキングサーボ方法であって、サブビームのプッシュプル信号の振幅がほぼ0になるように、サブビームの一部分に位相差を与えるとともに、この差信号を用いて、メインビームのトラッキング誤差信号のオフセットを補正することを特徴とする。

【0056】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態について

$$A_0 = E_0 \cdot \exp(2\pi i)$$

(+1次光の複素振幅)

$$A_1 = E_1 \cdot \exp\{(\psi_1 + 2\pi v_t/v_p) i\}$$

(-1次光の複素振幅)

$$A_{-1} = E_{-1} \cdot \exp\{(\psi_1 - 2\pi v_t/v_p) i\}$$

ここで、 E_0 、 E_1 、 E_{-1} はそれぞれ0次、1次、-1次光の振幅、 ψ_1 は0次と±1次光の位相差（溝深さに関係するもの）、 v_t はトラック溝中心からの変位量、 v_p はトラック溝のピッチ、である。

$A_{-1} = E_{-1} \cdot \exp\{(\psi_1 - 2\pi v_t/v_p) i\}$
【0078】通常プッシュプル信号は、図7の検出器の

$$I_R = (I_a + I_b)$$

$$= S_0 |E_0 \cdot \exp(2\pi i)|^2 + S_1 |E_0 \cdot \exp(2\pi i) + E_1 \cdot \exp\{(\psi_1 + 2\pi v_t/v_p) i\}|^2$$

$$= E_0^2 (S_0 + S_1) + E_1^2 S_1 + 2E_0 E_1 S_1 \cdot \cos(\psi_1 + 2\pi v_t/v_p) \quad (5)$$

$$I_L = (I_c + I_d)$$

$$= S_0 |E_0 \cdot \exp(2\pi i)|^2 + S_1 |E_0 \cdot \exp(2\pi i) + E_{-1} \cdot \exp\{(\psi_1 - 2\pi v_t/v_p) i\}|^2$$

$$= E_0^2 (S_0 + S_1) + E_{-1}^2 S_1 + 2E_0 E_{-1} S_1 \cdot \cos(\psi_1 - 2\pi v_t/v_p) \quad (6)$$

となる。

【0080】ここで、 S_0 は第1象限及び第4象限において、±1次光がなく0次光のみ存在する領域の面積（第3象限及び第2象限においても同じ）であり、 S_1

$$PP31 = I_R - I_L$$

$$= 4S_1 E_0 E_1 \cdot \sin \psi_1 \cdot \sin(2\pi v_t/v_p) \quad (7)$$

となる。

【0082】次に、本実施形態のように、入射ビームの一部に位相差を加えた場合のプッシュプル信号について説明する。

【0083】反射ビーム（回折パターン）の0次光に加わる位相差を、 θ_1 （図7の第4象限）、 θ_{-1} （図7の第3象限）、反射ビーム（回折パターン）の1次光のう

(0次光の複素振幅：第1象限及び第4象限)

$$A_0 = E_0 \cdot \exp\{(2\pi + \theta_1) i\} \quad (8)$$

(0次光の複素振幅：第3象限及び第2象限)

$$A_0 = E_0 \cdot \exp\{(2\pi + \theta_{-1}) i\} \quad (9)$$

(+1次光の複素振幅：第1象限及び第4象限)

$$A_1 = E_1 \cdot \exp\{(\psi_1 + 2\pi v_t/v_p + \delta_1) i\} \quad (10)$$

(-1次光の複素振幅：第3象限及び第2象限)

$$A_{-1} = E_{-1} \cdot \exp\{(\psi_1 - 2\pi v_t/v_p + \delta_{-1}) i\} \quad (11)$$

図7に示すように、第4象限と第3象限のみに位相差が加わった場合のプッシュプル信号PPbcを求める。

$$I_b = 1/2 [S_0 |E_0 \cdot \exp\{(2\pi + \theta_1) i\}|^2 + S_1 |E_0 \cdot \exp\{(2\pi + \theta_1) i\} + E_1 \cdot \exp\{(\psi_1 + 2\pi v_t/v_p + \delta_1) i\}|^2]$$

$$= 1/2 [E_0^2 (S_0 + S_1) + E_1^2 S_1 + 2E_0 E_1 S_1 \cdot \cos(\psi_1 + 2\pi v_t/v_p + \delta_1 - \theta_1)] \quad (12)$$

$$I_c = 1/2 [S_0 |E_0 \cdot \exp\{(2\pi + \theta_{-1}) i\}|^2 + S_1 |E_0 \cdot \exp\{(2\pi + \theta_{-1}) i\} + E_{-1} \cdot \exp\{(\psi_1 - 2\pi v_t/v_p + \delta_{-1}) i\}|^2]$$

は第1象限及び第4象限において、0次光と±1次光が重なり合う部分の面積（第3象限及び第2象限においても同じ）である。

【0081】これより、プッシュプル信号PP31は、

ち0次光と干渉する部分に加わる位相差を δ_1 （図7の第4象限）、反射ビーム（回折パターン）の-1次光のうち0次光と干渉する部分に加わる位相差を δ_{-1} （図7の第3象限）とすると、各象限の光の複素振幅は、上記(2)～(4)式より、以下ようになる。

【0084】

【0085】検出器8B-bと8B-cの出力IbとI

ciは、上記(8)～(11)式を用いて、

$$= 1/2 [E_0^2 (S_0 + S_1) + E_1^2 S_1 + 2E_0 E_1 S_1 \cdot \cos(\psi_1 - 2\pi v_t/v_p + \delta_1 - \theta_1)] \quad (13)$$

と表される。

【0086】ここで、図7においては、 $\theta_1 = 0$ 、 θ_1
 $= \pi (180^\circ)$ 、 $\delta_1 = \pi (180^\circ)$ 、 $\delta_1 = 0$ な
 ので、1b、1cはそれぞれ

$$1b = 1/2 [E_0^2 (S_0 + S_1) + E_1^2 S_1 + 2E_0 E_1 S_1 \cdot \cos(\psi_1 + 2\pi v_t/v_p + \pi)] \quad (14)$$

$$1c = 1/2 [E_0^2 (S_0 + S_1) + E_1^2 S_1 + 2E_0 E_1 S_1 \cdot \cos(\psi_1 - 2\pi v_t/v_p - \pi)] \quad (15)$$

となり、アッシュブル信号PPbcは、

$$\begin{aligned} PPbc &= 1b - 1c \\ &= 2S_1 E_0 E_1 \cdot \sin \psi_1 \cdot \sin \{2\pi (v_t/v_p + 1/2)\} \\ &= -2S_1 E_0 E_1 \cdot \sin \psi_1 \cdot \sin (2\pi v_t/v_p) \quad (16) \end{aligned}$$

となる。

【0087】位相差が関係しないPPabは、上述の式

$$PPad = 2S_1 E_0 E_1 \cdot \sin \psi_1 \cdot \sin (2\pi v_t/v_p) \quad (17)$$

となるので、図8に示すように、PPadとPPbcは、溝深さ（ ψ_1 に相当）に関係なく、1/2ピッチ即ち位相が180°ずれた（逆位相）信号となる。

【0088】よって、最終的に得られる検出器8Bからのアッシュブル信号は、

$$PP31 = PPbc + PPad = 0$$

となり、振幅が常に0となる。

【0089】尚、本実施形態においては、第1象限のみに位相遅れが発生する場合について説明したが、これに限らず、第2象限から第4象限の1つだけに位相遅れがある場合も当然同じ効果が得られる。また、与える位相差は位相遅れでも位相進みでも同様の結果となる。

【0090】さらに、図1においては、1つの象限全体に位相差がある場合を示したが、アッシュブル信号に関与する領域は、図4に示す光ディスク溝部からの回折光の重なり合う領域n1、n2であるので、象限全体に位相差を加える必要はなく、例えば第1象限の領域n1の部分にのみ位相差を加えれば十分に効果が得られる。

【0091】本実施形態により、サブビームのアッシュブル信号は溝深さに関係なく、振幅が0になる。すなわち、トラック上のどの位置にあっても振幅が0であるので、上述した従来例1、2のように、3ビームの位置調整（回折格子等の回転調整）が不要となるため、ピックアップの組立調整を大幅に簡略化することができる。

【0092】また、回折格子は光ビーム全体に対して設けることができるので、上述した従来例3のように、メインビームの光強度分布が変化したり、光の利用効率が低下することはない。さらに、異なるトラックピッチのディスクに対しても、全く問題無く対応することができる。

【0093】（第2の実施の形態）本発明の第2の実施の形態について、図9乃至図13を用いて詳細に説明す

（7）に1/2を乗算したものの（面積が半分になったもの）と同じで、

る。本実施形態の光ピックアップの構成は、図1に示したのと同じであるが、グレーティング3の溝部の構造が異なる。

【0094】本実施形態においては、図9に示すように、第1象限と第3象限の部分の周期構造が他にく比べて、+1/4ピッチだけずれている。これにより、図10に示すように、±1次光のサブビーム31、32において、第1象限と第3象限の部分の位相差が+90°だけずれる。

【0095】図7と同様、トラック方向の分割線mと仮想分割線nとで分割された検出器8B上のビームパターンを図11に示す。第1象限と第3象限の部分では、メインビーム310側に位相差90°があり（斜目領域）、第4象限と第2象限の部分では、サブビーム311、312側に90°の位相差がある（斜線領域）。

【0096】この場合、第1象限と第2象限の1/4円ビームどうしでのアッシュブル信号PPadは、位相差を与えない場合のアッシュブル信号に比べて90°位相がずれた信号となり、第4象限と第3象限の1/4円ビームどうしでのアッシュブル信号PPbcは、逆に-90°位相がずれた信号となる。

【0097】ここで、サブビームのアッシュブル信号が発生しない（振幅0）原理について、上記第1の実施の形態と同様に説明する。

【0098】反射ビーム（回折パターン）の0次光に加わる位相差を、 θ_1 （図11の第1象限）、 θ_1' （図11の第4象限）、 θ_2 （図11の第2象限）、 θ_2' （図11の第3象限）、反射ビーム（回折パターン）の1次光のうち0次光と干渉する部分に加わる位相差を δ_1 （図11の第1象限）、 δ_1' （図11の第4象限）、反射ビーム（回折パターン）の-1次光のうち0次光と干渉する部分に加わる位相差を δ_2 （図11の第2象

領域 $n1$, $n2$ であるので、象限全体に位相差を加える必要はなく、例えば第1象限の領域 $n1$ の部分と第3象限の領域 $n2$ の部分とに位相差を加えれば十分に効果が得られる。

【0105】さらに、図11に示すような位相差の組合せに限らず、

$$\theta_1' + \theta_{-1} = n\pi \quad (n: \text{整数}) \quad \text{かつ} \quad \theta_1 = \theta_{-1}' = 0$$

(この時、必ず $\theta_1 + \theta_{-1} = n\pi$ かつ $\theta_1' = \theta_{-1}' = 0$ になる)となる組合せ、例えば図13に示すように、入射光の第1象限の位相差 45° 、第3象限の位相差 135° のような場合であっても、プッシュプル信号の振幅は0になる。

【0106】即ち、円形の光ビーム全体を用いた従来のプッシュプル信号検出においては、全光ビーム中のプッシュプル信号に異号する領域、すなわち滑らかな反射光(回折光)の0次光と±1次光とが重なり合う領域(お互いが干渉する領域)をAとし、位相差を与え領域をBとすると、領域Bとビームの中心を原点として対称な位置にある領域Cとの位相差の和が 180° の整数倍であり、かつ領域Bと領域Cとの面積の和が領域Aの面積の略半程度に設定されれば、光ビーム全体のプッシュプル信号振幅はほぼ0になる。

【0107】例えば、図13に示すように、反射光の第1象限の部分に位相差 45° が加わるように入射光に位相差を与えた場合、ビームの中心を原点として対称な位置にある領域すなわち第3象限の部分には 135° 位相差が加わるように設定すれば、第1象限と第2象限の1/4円ビームどうしのプッシュプル信号PPadは、位相差を与えない場合のプッシュプル信号に比べて 45° 位相がずれた信号となり、第4象限と第3象限の1/4円ビームどうしのプッシュプル信号PPbcは、 -135° 位相がずれた信号となる。

【0108】よって、全体のプッシュプル信号PP31(=PPad+PPbc)は、お互いの位相差が 180° であるため、振幅が相殺されて実質的に振幅が0になる。

【0109】また、本実施形態においては、ビームを原点を中心に4分割して各領域に位相差を与える例を示したが、これに限らず、多分割(4分割以上)にして位相を与えてもよい。

【0110】さらに、上記実施形態では、光ビームを検出器上で2分割してプッシュプル信号を検出しているが、光ビームを多分割ホログラムやウェッジプリズムなどにより分離して、異なる検出器に導いた後、各信号の演算によりプッシュプル信号を検出する場合でも、全く同様の効果が得られる。

【0111】(第3の実施の形態)本発明の第3の実施の形態について、図14乃至図20を用いて詳細に説明する。ここでは、ピックアップ装置として、光源として

の半導体レーザー、3ビーム用グレーティング、サーボ信号生成用ホログラムおよび光検出器を兼用化したホログラムレーザユニットに適用した場合の例について説明する。

【0112】図14に示すように、半導体レーザ1から出射した光は、グレーティング3で3ビーム(メインビームと±1次光のサブビーム)に分割される。ホログラム素子9の0次回折光が、コリメートレンズ2と対物レンズ5を介して光ディスク6上に集光される。そして、その戻り光はホログラム素子9により回折されて、光検出器に導かれる。

【0113】ここで、ホログラム素子9は、図15に示すように、光ディスク6のラジアル方向に対応するy方向に延びる分割線9gと、各分割線9gの中心から光ディスク6のトラッキング方向と直交するx方向、つまり光ディスク6のトラッキング方向に対応する方向に延びる分割線9hとにより、3つの分割領域9a, 9b, 9cに分割され、それぞれこれら各分割領域9a, 9b, 9cに対応して、別個の格子が形成されている。

【0114】受光素子10は、フォーカス用2分割受光領域10a, 10bとトラッキング用受光領域10c, 10d, 10e, 10f, 10g, 10hとからなる。

【0115】合焦状態の時に、ホログラム素子9の分割領域9aで回折されたメインビームが、分割線10y上にビームP1を形成し、分割領域9b, 9cで回折されたメインビームが、それぞれ受光領域10c, 10d上にビームP2, P3を形成する。

【0116】また、分割領域9aで回折された±1次のサブビームは、それぞれ2分割受光領域10a, 10bの外側にビームP4, P5を形成し、分割領域9b, 9cで回折された±1次のサブビームは、それぞれ受光領域10e, 10f上にビームP6, P7を、受光領域10g, 10h上にビームP8, P9を形成する。

【0117】受光領域10a, 10b, 10c, 10d, 10e, 10f, 10g, 10hの出力信号を、それぞれIa, Ib, Ic, Id, Ie, If, Ig, Ihとすると、フォーカス誤差信号FESを、シングルライフエッジ法により、

$$(Ia - Ib)$$

$$(Ic - Id)$$

$$(Ie - If)$$

$$(Ig - Ih)$$

$$(Ia - Ib)$$

$$(Ic - Id)$$

$$(Ie - If)$$

$$(Ig - Ih)$$

$$(Ia - Ib)$$

$$(Ic - Id)$$

$$(Ie - If)$$

$$(Ig - Ih)$$

$$(Ia - Ib)$$

$$(Ic - Id)$$

$$(Ie - If)$$

$$(Ig - Ih)$$

$$(Ia - Ib)$$

$$(Ic - Id)$$

$$(Ie - If)$$

$$(Ig - Ih)$$

$$(Ia - Ib)$$

$$(Ic - Id)$$

$$(Ie - If)$$

$$(Ig - Ih)$$

割領域9b, 9cのみの光)を用いている点である。この場合に、サブビームのプッシュプル信号の振幅を0にするための、グレーティングの構造を次に示す。

【0121】図15において、例えは復路にあるホログラム素子の分割領域9b, 9cに入射する光を第1象限及び第2象限とすると、この第1象限と第2象限の光出力の減衰のみプッシュプル信号振幅を打ち消して0にする必要がある。

【0122】この場合、例えば図16に示すように、往路の入射ビームにおいては、 x - y 座標系における円周方向 180° から 200° 付近のグレーティングの周期構造を $1/2$ ピッチずらせば、すなわち図17に示すように、位相差を π (180°) ずらせば、プッシュプル信号、($I_e - I_h$)、($I_e - I_g$)はそれぞれ振幅がほぼ0になる。

【0123】この場合の信号検出原理を次に示す。本実施形態では、ホログラムにより光ビームを分割して、それぞれ異なる検出器に導いているが、これはビームを分割せずに検出器上に導き、検出器を分割する場合と同一なので、説明を分かりやすくするために、上述した第1及び第2の実施の形態と同様に、図18のような検出器上のビームを用いて説明する。

【0124】図18の検出器においては、8B-aと8B-dの光がそれぞれホログラムの分割領域9b, 9cで回折された光に相当する。また、図19は図18において位相差を加えた領域を次のように仮に分割したものとしてみる。

【0125】第1象限において、反射光の0次光中の位相差を含む領域をSS2、それ以外をSS1とし、第2象限において、反射光の-1次光中の位相差を含む領域をSS3、それ以外をSS4とする。

【0126】そして、領域SS1, SS2, SS3, SS4において、 ± 1 次光がなく0次光のみ存在する領域の面積を S_{0-1} , S_{0-2} , S_{0-3} , S_{0-4} とし、0次光と ± 1 次光とが重なり合う部分の面積を S_{1-1} , S_{1-2} , S_{1-3} , S_{1-4} とする。

【0127】ここでは、 S_{1-1} と S_{1-2} の面積をほぼ等しくなるような分割にする(本実施形態では、図18に示すように、円周方向に 20° 程度分割する)。即ち、 $S_{1-1} = S_{1-2}$, $S_{1-3} = S_{1-4}$ となるように分割する。

【0128】ここで、領域SS1-SS4を、上記第1の実施の形態として説明した図7における第1象限、第2象限と考えた場合の式(12)〜(17)を参照すれば、プッシュプル信号の振幅が0になることが容易に分かる。

【0129】即ち、領域SS2, SS3で生成されるプッシュプル信号と、領域SS1, SS4で生成されるプッシュプル信号とは、振幅が同じであるが、位相差が 180° ずれる。

【0130】これは、プッシュプル信号に関する領域

すなわち溝からの反射光(回折光)の0次光と ± 1 次光とが重なり合う領域(お互いが干渉する領域)において、位相差を 180° と与えられた領域の光のプッシュプル信号と、関係しない部分の光によるプッシュプル信号との振幅がほぼ等しく、位相が 180° ずれているために、全体としてプッシュプル信号の振幅が0になるために生じる。

【0131】尚、 S_{0-1} と S_{0-3} , S_{0-2} と S_{0-4} はそれぞれ異なるが、($S_{0-1} + S_{0-3}$)と($S_{0-2} + S_{0-4}$)とは等しいので、0次光のみ存在する領域の面積の直流成分は減衰すれば0になる。

【0132】このように、ビームの半分の光を用いて、プッシュプル信号を検出するホログラムレーザユニットにおいても、本発明を適用することができる。

【0133】半円ビームを用いたプッシュプル信号検出においては、半円ビーム中のプッシュプル信号に関する領域、すなわち溝からの反射光(回折光)の0次光と ± 1 次光とが重なり合う領域(お互いが干渉する領域)をDとし、位相差を与える領域をEとすると、領域Eとトラック方向の中心線に対して対称な位置にある領域Fとの位相差の和が 180° の整数倍であり、かつ領域Eと領域Fとの面積の和が領域Dの面積の略半分程度に設定されれば、光ビーム全体のプッシュプル信号振幅はほぼ0になる。

【0134】また、位相差を与える領域は、図17に示すものに限らず、図20のように、位相差 180° を与える領域を、 y 方向の幅が一定で、1つの象限内の干渉領域の略半分程度の面積になるように設定しても、同様の効果を得られる。

【0135】このように、 y 方向の幅が一定であれば、トラッキングにより対物レンズ面から光ビームがラジアル方向にシフトしても、干渉領域において位相差を与える面積が変化しないので、位置ずれの影響を小さくすることができる。

【0136】(第4の実施の形態)本発明の第4の実施の形態について、図21及び図22を用いて詳細に説明する。

【0137】本実施形態のピックアップ装置は、第3の実施の形態と同じくホログラムレーザユニットを用いた構成で、さらにサブビームに与える位相差の精度を向上させたものである。

【0138】図21は光学系を模式的に表したものである。半導体レーザ1から出射した光は、グレーティング3で3ビーム(メインビーム30と ± 1 次光のサブビーム31及び32)に分割され、ホログラム素子9の0次回折光が、コリメートレンズ2と対物レンズ5を介して光ディスク6上に集光される。

【0139】次に、サブビームの位置ずれについて説明する。サブビーム31, 32はグレーティング3で分割されるが、これは図21(a)に示すように、仮想光源

1-31, 1-32から発した光と考えることができる。

【0140】よって、実質的に対物レンズに入射するサブビーム光は、図21(b)に示すように、グレーティング3上及びホログラム9上で、メインビーム30とずれ部分の光を利用することになる。

【0141】このずれ量は、グレーティングやホログラムの光軸方向の位置によって異なるが、小型に集積化したホログラムレーザユニットなどにおいては、比較的大きな値になる。

【0142】従って、上記第3の実施の形態のように、メインビームの光軸中心に合わせて、グレーティング3に位相差分布を与えたとしても、±1次光のサブビームにおいては、それぞれ中心からずれた位相差分布になる。

【0143】ずれ量がビーム径に対して無視できる程度に小さい場合は、光軸中心に位相差分布を与えれば、±1次光と同じ位相分布が加わるとみなせるが、ずれ量が大きい場合は、これを考慮して設計する必要がある。

【0144】この場合の位相差分布について次に示す。図21(b)に示すように、3分割ホログラム9でビームのy方向の半円部分のみを使って、プッシュプル信号を検出する場合は、このようなサブビームのy方向の位相ずれの影響が、±1次ビームに不均等に加わる。本実施形態は、このような場合に有効な位相差分布を与えるものである。

【0145】図22(a)はグレーティング3の中でy方向にほぼ均等な幅で帯状にビームのx方向の半円の端の部分に位相差を与える場合を示す。また、図22(b)はグレーティング3の中でy方向にほぼ均等な幅で帯状にビームのx方向の半円の中央付近に位相差を与える場合を示す。

【0146】この際上記第3の実施の形態で示したサブビームのプッシュプル信号振幅がほぼ0になるように設定すればよい。この構成は、y方向（トラック方向）に一様な位相差分布であるため、グレーティング上で実質的にサブビームの位置がずれても、付加される位相差分布は変化しない。よって、位相差分布の精度を向上させることができる。

【0147】図22(c)はグレーティング上でサブビームの位置が実質的にずれることを利用して、実質的に±1次のサブビーム31だけに位相差を付加する領域3Aと、-1次のサブビーム32だけに位相差を付加する領域3Bとに分けて、位相差分布を与えるものである。

【0148】このように、それぞれのサブビームに個別に位相差分布を付加することができるため、本実施形態のピックアップ装置においては、3分割のホログラムを用いて±1次ビームのプッシュプル信号が不均等になる場合であっても、各ビームに正確に位相差を付加することができる。

【0149】（第5の実施の形態）本発明の第5の実施の形態について、図23乃至図25を用いて詳細に説明する。

【0150】本実施形態のピックアップ装置は、上記第3及び第4の実施の形態と同じホログラムレーザユニットを用いた構成で、さらに異なるビットや深さのディスクに対してもサブビームに与える位相差の精度を向上させたものである。

【0151】図23は光学系を模式的に表したもので、基本的には図21と同じであるので、詳細な説明は省略する。但し、ホログラム素子9は、図23(b)、(c)に示すように、4分割または2つの分割線で分かれた2分割を想定し、光ビーム全体を用いてプッシュプル信号を検出する場合について説明する。

【0152】図23(b)に示すように、サブビーム31, 32はグレーティング3上で実質的にメインビーム30とずれた部分の光を利用することになる点は、上記第3の実施の形態で説明したのと同様である。

【0153】次に、異なる仕様の光ディスクに対するプッシュプル信号の回折パターンについて説明する。同じ光ピックアップ装置を用いて、異なる規格の光ディスクを記録再生することが要求されているが、特に溝構造のビットや深さが増えると、プッシュプルパターンは大きく異なる。

【0154】例えば、溝ビットが狭い場合のプッシュプルパターンを、図24(a)（プッシュプル信号に相当する領域n1, n2）、ビットが広い場合を、図24(b)（プッシュプル信号に相当する領域n3, n4）にそれぞれ示す。

【0155】このように、回折パターンが大きく異なるり、しかもグレーティング3上で実質的にサブビームの位置がメインビームとずれる場合には、最適な位相差分布パターンも異なることになる。本実施形態は、このような場合に有効な位相差分布を与えるものである。

【0156】図25に本実施形態の位相差分布を示す。これは、グレーティング3の中で、ビームのx方向の半円に対して、3C, 3D, 3Eの3つの領域に180°の位相差を与える。

【0157】この中で、領域3Dはサブビーム31及び32の両方に対して位相差を付加し、領域3Cはサブビーム32に対してのみ位相差を与え、逆に領域3Eはサブビーム31に対してのみ位相差を与える。

【0158】また、領域3Dは、図24(a), (b)で示した両者の回折パターンの重なり合う領域n2, n4を含んでいる。それに対して、領域3Cは、サブビーム32のn4領域だけを含んでおり、領域3Eはサブビーム31のn4領域だけを含んでいる。

【0159】よって、例えば図24(a)に示すように、ビットの狭いディスクに対しては位相差付加領域3Dの大きさや形状を最適化して、サブビーム31, 32

の両方に対してアッシュアル信号振幅をほぼ0にする。

【0160】また、図24(b)に示すように、ピッチの広いディスクでのサブビーム31に対しては位相差付加領域3Eと3Dの大きさや形状を最適化してアッシュアル信号振幅をほぼ0にし、サブビーム32に対しては位相差付加領域3Cと3Dの大きさや形状を最適化して、アッシュアル信号振幅をほぼ0にする。

【0161】従って、グレーティング上で2つのサブビームの位置が実質的にメインビームに対して異なる方向にずれた場合でも、本実施形態のように互いに影響を与えない位相差付加領域3C、3Eを設けることにより、それぞれのサブビームに個別に位相差分布を付加することができるため、異なる規格の光ディスクに対しても、各ビームに正確に位相差を付加することができる。

【0162】尚、上記実施の形態においては、3ビームの±1次光に位相差を与える方法として、グレーティングの溝の周期構造を部分的にずらす方法について示したが、本発明はこれに限ることはなく、実際に透過ガラス板や位相基板を用いても良い。

【0163】

【発明の効果】本発明によれば、アッシュアル法を利用したT E S検出において、光の利用効率を低下させずに、対物レンズシフトやディスク傾斜により発生するオフセットを低コストでキャンセルすることができる。

【0164】サブビームのアッシュアル信号は溝深さに関係なく、振幅が0で、対物レンズシフトやディスク傾斜による検出器上でのビームシフト成分のみが検出される。

【0165】すなわち、サブビームがメインビームに対して1/2ピッチに限らずどの位置にあっても、アッシュアル信号の振幅が0であるので、サブビームの位置調整（回折格子等の回転調整）が不要となり、ピックアップの組立や調整を大幅に簡略化することができる。

【0166】また、回折格子は光ビーム全体に対して設けることができるので、メインビームの光強度分布が変化したり、光の利用効率が悪化することはない。

【0167】さらに、異なるトラックピッチのディスクに対しても全く問題無く対応することができる。

【0168】そしてまた、半分の光ビームを用いたアッシュアル信号検出においても適用することができるので、集積化したホログラムレーザユニットなどにも利用することが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施の形態の光ピックアップの光学系を示す概略構成図である。

【図2】本発明の第1の実施の形態の光ピックアップを用いた場合の光ディスク上でのビームスポット形状を示す説明図である。

【図3】本発明の第1の実施の形態でのアッシュアル信号を示す説明図である。

【図4】本発明の第1の実施の形態において対物レンズがシフトした場合のアッシュアル信号を示す説明図である。

【図5】光ディスクからの反射ビームの回折パターンを示す説明図である。

【図6】本発明の第1の実施の形態における対物レンズ入射ビームの位相分布を示す説明図である。

【図7】本発明の第1の実施の形態における検出器上のビームの回折パターンを示す説明図である。

【図8】本発明の第1の実施の形態でのアッシュアル信号の検出原理を説明するための図である。

【図9】本発明の第2の実施の形態の光ピックアップの回折格子の構造を示す説明図である。

【図10】本発明の第2の実施の形態における対物レンズ入射ビームの位相分布を示す説明図である。

【図11】本発明の第2の実施の形態における検出器上のビームの回折パターンを示す説明図である。

【図12】本発明の第2の実施の形態でのアッシュアル信号の検出原理を説明するための図である。

【図13】本発明の第2の実施の形態における対物レンズ入射ビームの位相分布の他のパターンを示す説明図である。

【図14】本発明の第3の実施の形態の光ピックアップの光学系を示す概略構成図である。

【図15】本発明の第3の実施の形態のホログラムレーザピックアップにおけるホログラムと光検出器の構造を示す説明図である。

【図16】本発明の第3の実施の形態の回折格子の構造を示す説明図である。

【図17】本発明の第3の実施の形態における対物レンズ入射ビームの位相分布を示す説明図である。

【図18】本発明の第3の実施の形態における仮の検出器上ビームパターンを示す説明図である。

【図19】本発明の第3の実施の形態における検出器上の仮の分割領域を示す説明図である。

【図20】本発明の第3の実施の形態における他の位相分布を示す説明図である。

【図21】本発明の第4の実施の形態のピックアップ光学系とグレーティング及びホログラム上でのビーム位置を示す説明図である。

【図22】本発明の第4の実施の形態におけるグレーティング上の位相差付加パターンを示す説明図である。

【図23】本発明の第5実施の形態のピックアップ光学系とグレーティング及びホログラム上でのビーム位置を示す説明図である。

【図24】異なる規格のディスクにおけるアッシュアルパターンを示す説明図である。

【図25】本発明の第5の実施の形態におけるグレーティング上の位相差付加パターンを示す説明図である。

【図26】従来の光ピックアップの光学系を示す概略構

成図である。

【図27】プッシュプル信号について説明するための図である。

【図28】プッシュプル信号のオフセット発生原因を説明するための図である。

【図29】従来例1の光ピックアップの光学系を示す概略構成図である。

【図30】従来例1における光ディスク上のビーム配列と検出系の構成を示す説明図である。

【図31】従来例1でのプッシュプル信号の検出原理を説明するための図である。

【図32】従来例2の光ピックアップの光学系を示す概略構成図である。

【図33】従来例2の回折格子の構造を示す説明図である。

【図34】従来例2における光ディスク上のビーム配列を示す説明図である。

【図35】従来例2でのプッシュプル信号の検出原理を説明するための図である。

【図36】従来例3の光ピックアップの光学系を示す概略構成図である。

【図37】従来例3における回折格子の構造と光ディスク上の

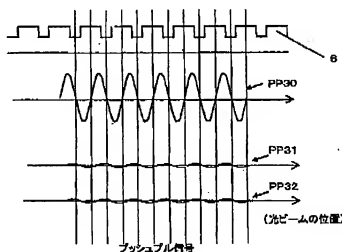
クへの集光ビームを示す説明図である。

【図38】従来例3における光ディスク上のビーム配列を示す説明図である。

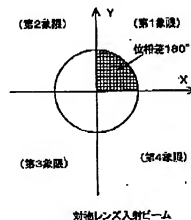
【符号の説明】

- 1 半導体レーザ
- 2 コリメータレンズ
- 3 ビーム用回折格子
- 4 ビームスプリッタ
- 5 対物レンズ
- 6 ディスク
- 7 集光レンズ
- 8 光検出器
- 9 ホログラム
- 10 ホロレーザ用検出器
- 11 2分割検出器
- 30 0次回折光
- 31 +1次回折光
- 32 -1次回折光
- 61 トラック
- 310 サブビームの0次回折回折光
- 311 サブビームの+1次回折光
- 312 サブビームの-1次回折光

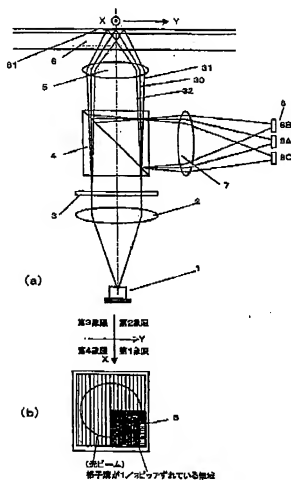
【図3】



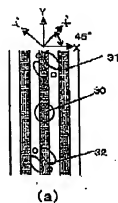
【図6】



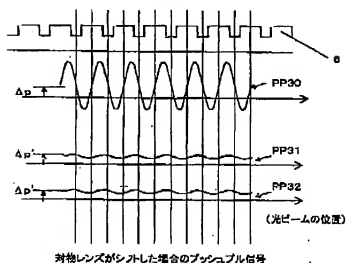
【図1】



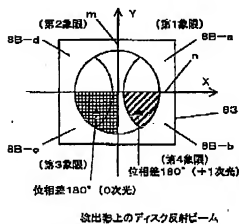
【図2】



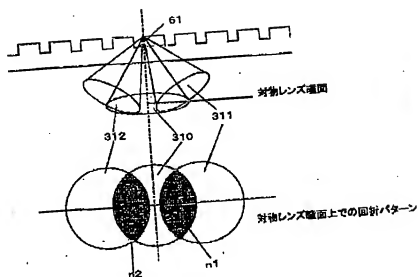
【図4】



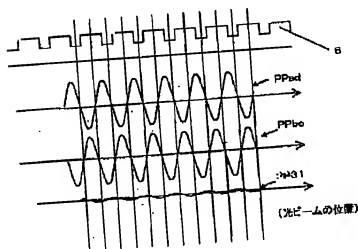
【図7】



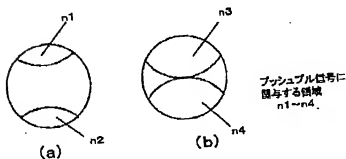
【図5】



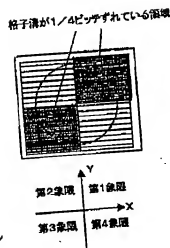
【図8】



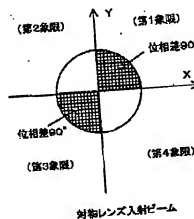
【図24】



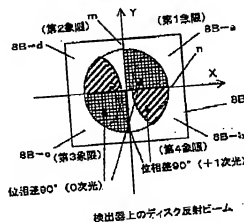
【図9】



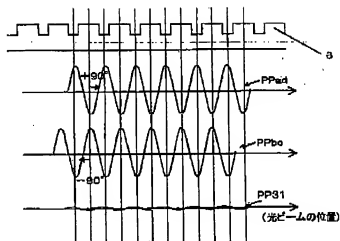
【図10】



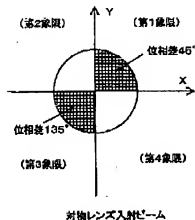
【図11】



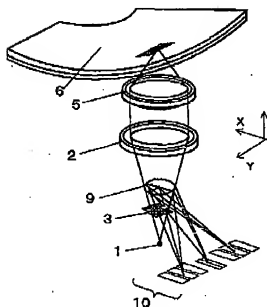
【図12】



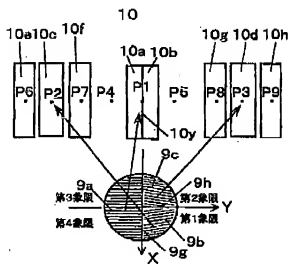
【図13】



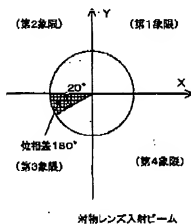
【図14】



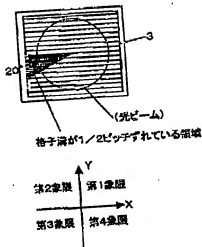
【図15】



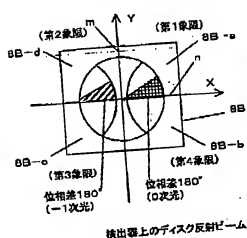
【図17】



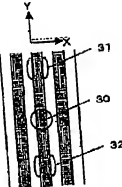
【図16】



【図18】

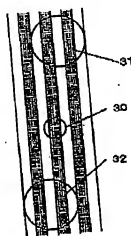


【図34】

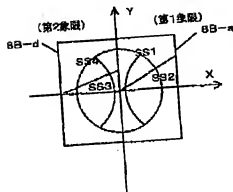


検出器上のディスク反射ビーム

【図37】

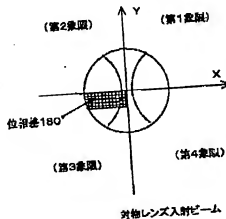


【図19】



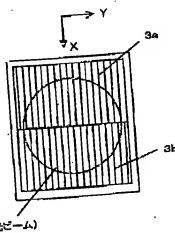
検出器上の分割領域

【図20】

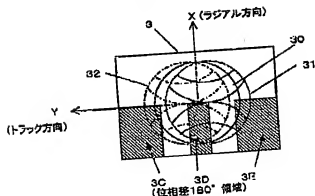


対物レンズ入射ビーム

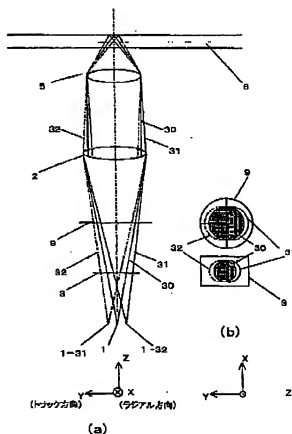
【図33】



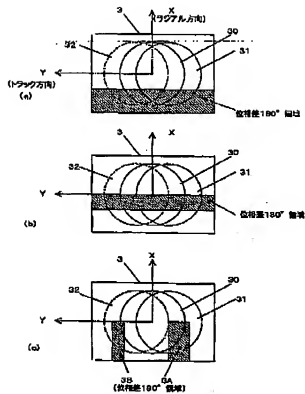
【図25】



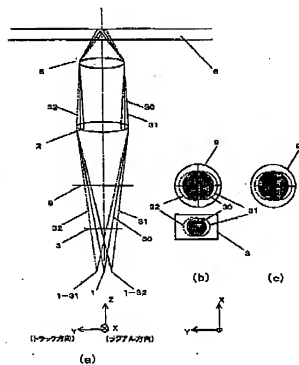
【図21】



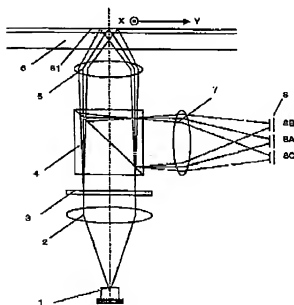
【図22】



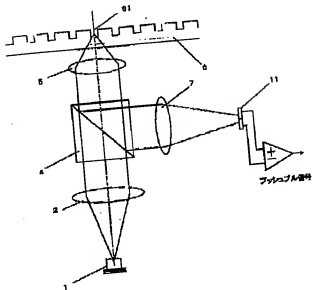
【図23】



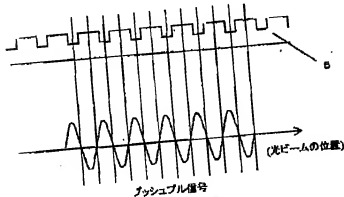
【図29】



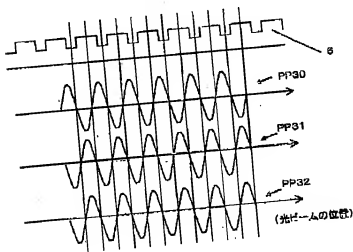
【図26】



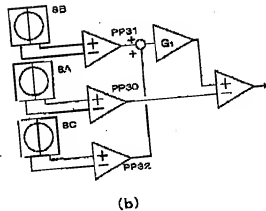
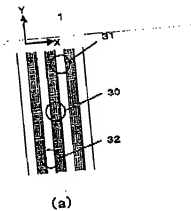
【図27】



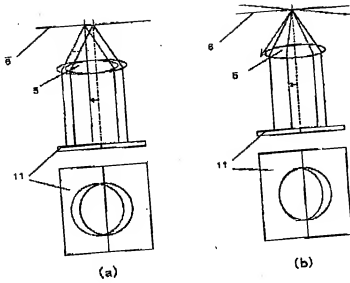
【図31】



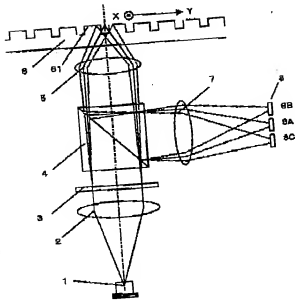
【図30】



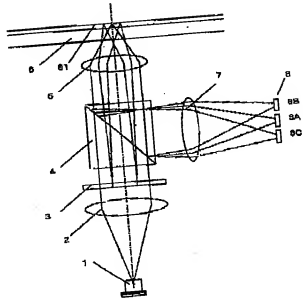
【图28】



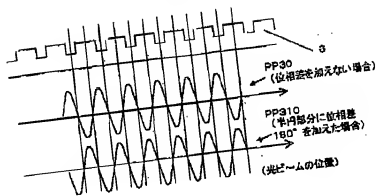
【图32】



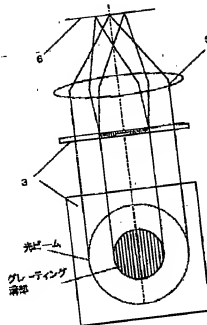
【图36】



【図35】



【図38】



フロントページの続き

(72) 発明者 三木 健三郎
大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号 シ
ヤープ株式会社内
(72) 発明者 平島 康茂
大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号 シ
ヤープ株式会社内

Fターム(参考) 5D118 AA06 AA13 AA18 BA01 BA06
CA24 CD03 CF03 CG04 CG24
DA35
5D119 AA29 AA40 BA01 BA02 EA02
FA28 KA17

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant:

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☒ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning these documents will not correct the image
problems checked, please do not report these problems to
the IFW Image Problem Mailbox.**